

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Achatz, Robert

Pumpspeicherwerk Forbach – «Alte Technik» gepaart mit neuesten technischen Entwicklungen im Dienste der Energiewende

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:
Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/107048>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Achatz, Robert (2020): Pumpspeicherwerk Forbach – «Alte Technik» gepaart mit neuesten technischen Entwicklungen im Dienste der Energiewende. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Interdisziplinärer Wasserbau im digitalen Wandel. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 63. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 41-49.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Pumpspeicherwerk Forbach – «Alte Technik» gepaart mit neuesten technischen Entwicklungen im Dienste der Energiewende

Robert Achatz

Das Rudolf-Fettweis-Werk Forbach der EnBW wurde zwischen 1914 und 1926 im nördlichen Schwarzwald erbaut und besteht aus insgesamt vier Einzelkraftwerken. Die beiden Hauptkraftwerke, das Schwarzenbach- und das Murgwerk verrichten seit ihrer Inbetriebnahme ohne substantielle Veränderungen zuverlässig ihren Dienst.

Im Zuge der geplanten Erneuerung des Standortes soll das große Potential des Standortes besser ausgeschöpft und das Schwarzenbachwerk zu einem leistungsstarken, mit moderner Technik versehenen Pumpspeicherwerk ausgebaut werden

1 Anlagenkonzept

Das Wasserkraftwerk Rudolf-Fettweis-Werk Forbach der EnBW wurde zwischen 1914 und 1926 im nördlichen Schwarzwald erbaut und besteht aus insgesamt vier Einzelkraftwerken. Die beiden Hauptkraftwerke, das Schwarzenbach- und das Murgwerk verrichten seit ihrer Inbetriebnahme ohne substantielle Veränderungen zuverlässig ihren Dienst.

Das Schwarzenbachwerk verfügt in seiner jetzigen Konstellation über eine Pumpe, mit der Wasser aus dem Murgtal in die Schwarzenbachtalsperre hochgepumpt und über zwei Turbinen, mit denen Wasser aus der Schwarzenbachtalsperre zur Stromerzeugung wieder entnommen werden kann. Das Schwarzenbachwerk war damit bei seiner Inbetriebnahme eines der ersten Kraftwerke, in dem die Technik der Pumpspeicherung im großtechnischen Maßstab zum Einsatz kam.

Im Zuge der geplanten Erneuerung des Standortes soll das große Potential des Standortes besser ausgeschöpft und das Schwarzenbachwerk zu einem leistungsstarken, mit moderner Technik versehenen Pumpspeicherwerk ausgebaut werden.



Standbild aus Projektvisualisierung der EnBW [1]

Die bestehenden Anlagenteile bis zu den Wasserschlössern werden ohne substantielle Veränderungen in das neue Anlagenkonzept integriert.

An den Wasserschlössern binden die neuen Wasserwege der beiden Kraftwerke an und werden über Druckschächte nach unten zur gemeinsamen Kraftwerkskaverne geführt.

Die gesamte elektrische und mechanische Ausrüstung des neuen Pumpspeicherwerkes wird untertage in der Kraftwerkskaverne angeordnet. Hier werden auch die neuen Turbinen des Murgwerks untergebracht.

Sowohl Schwarzenbach- als auch Murgwerk geben ihr Wasser unterwasserseitig in den neuen Kavernenwasserspeicher ab, der mit bestehenden Ausgleichsbecken in Forbach hydraulisch verbunden ist.

2 Unterirdische Speichererweiterung

Während die Schwarzenbachtalsperre, das Oberbecken des Schwarzenbachwerkes, über ein nutzbares Volumen von 14 Mio. m³ verfügt, beträgt der im Ausgleichsbecken Forbach, dem Unterbecken, zur Verfügung stehende Stauraum lediglich 204.000 m³.

Bei gleichzeitigem Vollastbetrieb des Murg- und des Schwarzenbachwerkes im Turbinenmodus beträgt die stündlich ins Ausgleichsbecken Forbach abgegebene Wassermenge ca. 135.000 m³. Die Abgabe vom Ausgleichsbecken in das Unterwasser ist nicht beliebig veränderbar, sondern unterliegt einem komplexen Modus zur Sicherstellung einer gleichmäßigen Restwasserabgabe unter Berücksichtigung des natürlichen Fließgeschehens in der Murg.

Daher ist das vergleichsweise kleine Volumen des Ausgleichsbeckens in Forbach eine wesentliche Limitierung des Betriebes des bestehenden Rudolf-Fettweis-Werkes.

Ein zentraler Aspekt der Überlegungen zur Erneuerung des Standortes war daher von Beginn an die Erhöhung des Speichervolumens des Ausgleichsbeckens. Konventionelle Konzepte wie Stauzielerhöhung am bestehenden Becken oder Schaffung eines zusätzlichen Beckens im Murgtal mussten bereits in frühem Stadium aufgrund der vorhandenen Randbedingungen wie Bebauung entlang des Ausgleichsbeckens, Zielkonflikten mit Natur- und Artenschutz als nicht umsetzbar verworfen werden.



Abbildung 1: Ausgleichsbecken Forbach mit Rudolf-Fettweis-Werk

Das gewünschte zusätzliche Volumen wird daher durch ein unterirdisches Tunnelsystem geschaffen. Ein Hauptstollen, der die Kraftwerkskaverne mit dem Ausgleichsbecken verbindet und sechs Nebestollen stellen ein zusätzliches Speichervolumen von 200.000 m³ zur Verfügung. Die Gesamtlänge der Speicherstollen beträgt ca. 2,7 km. Die Wasserspiegelschwankung in den Speicherstollen zwischen Stau- und Absenksziel liegt analog dem Ausgleichsbecken bei 6,1 m.

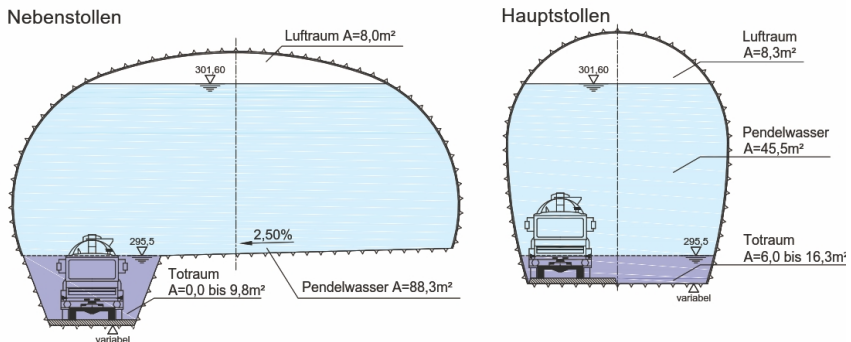


Abbildung 2: Haupt und Nebestollen des Kavernenwasserspeichers

Das gewählte Konzept reduziert die Auswirkungen auf Umwelt, Mensch und Natur im Wesentlichen auf die durch das Baugeschehen hervorgerufenen, zeitlich begrenzten Auswirkungen

3 Drehzahlvariable Pumpturbine

Als hydraulische Maschine des neuen Schwarzenbachwerks kommt eine reversible Pumpturbine zu Einsatz.

Durch die Verwendung eines Synchron-Motorgenerators in Verbindung mit elektronischer Frequenzumrichtertechnik kann die Drehzahl des Pumpspeichersatzes verändert und der Einsatzbereich des Pumpspeicherkraftwerkes erweitert werden.

Der elektronische Frequenzumrichter ermöglicht eine Variation der Drehzahl und damit eine Leistungsregulierung auch im Pumpbetrieb. Der Regelbereich der „50 MW-Maschine“ im Pumpbetrieb liegt dabei zwischen ca. 30 bis 35 MW und der Nennleistung der Maschine.

Die Verbindung des Pumpturbinensatzes mit der dem Frequenzumrichter ermöglicht auch einen sehr schnellen Wechsel zwischen den einzelnen Betriebsarten. Derzeit wird von einer Umstellzeit von Pump- auf Turbinenbetrieb innerhalb von nur 110 s und von Turbinen-auf Pumpbetrieb von 140 s ausgegangen.

Bei diesen Werten wie auch beim erwarteten Regelbereich im Pumpbetrieb handelt es sich um vorläufige Auslegungswerte. Die tatsächlichen Werte werden letztlich aus den Detailbetrachtungen der möglichen Hersteller des Pumpspeichersatzes resultieren.

Die kurzen Umstellzeiten gehen auch mit erhöhten Anforderungen an den Wasserweg einher. Aus dem schnellen Wechsel der Betriebsarten und den damit einhergehenden Wasserbewegungen dürfen keine unzulässigen hydraulischen Auswirkungen wie Überschreitung der maximalen oder minimalen Wasserspiegellagen im Wasserschloss, Unterdruck in der Leitung etc. resultieren.

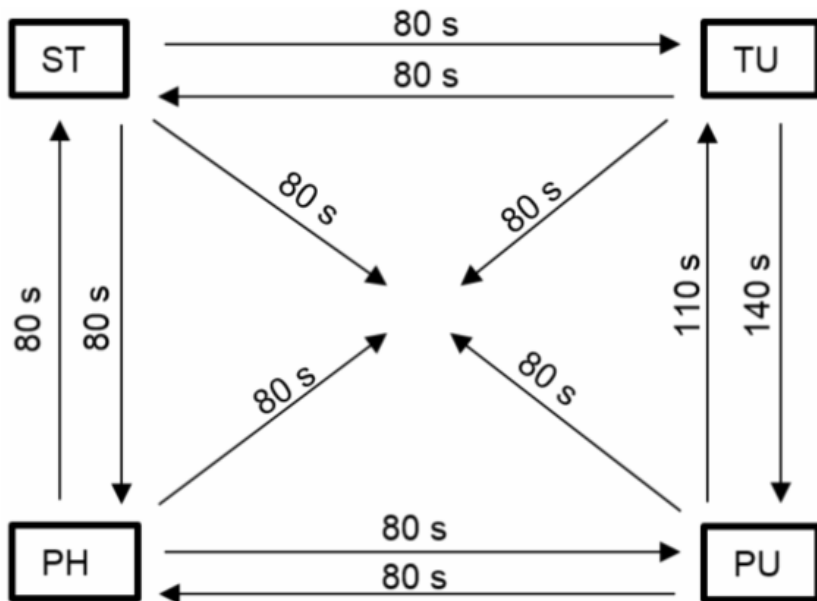


Abbildung 3: Vorläufige Umschaltzeiten zwischen den Betriebsarten der Pumpturbine als Grundlage für die hydraulische Überprüfung des Wasserweges (ST = Stillstand, TU = Turbinieren, PU = Pumpen, PH = Phasenschieberbetrieb)

Die Drehzahlvariabilität bietet eine deutlich höhere Flexibilität als herkömmliche Pumpspeicherkraftwerke mit konventioneller Technik und sind daher hervorragend zur Netzregulierung geeignet.

4 Verwendung von BIM in Planung und Umsetzung

Bereits in der Entwurfsphase war das Stollensystem des neuen Pumpspeicherkwerkes sowie die Kraftwerkskaverne in 3D geplant worden. Die 3D-Planungen bildeten weiterhin eine Grundlage für Visualisierung des neuen Kraftwerkes durch die EnBW.

Derzeit laufen die Ausschreibungen und Vergaben für das Gesamtprojekt erstellt. Hierbei kommt BIM (Building Information Modelling) als neuartiger Planungsansatz zum Einsatz. Es wurden BIM Modelle der Maschinenkaverne, des Auslaufbauwerkes und des Portalgebäudes des Zufahrtsstollens erstellt.

Neben den baulichen Anlagen wurden in den BIM Modellen auch die raumbedeutsamen Ausrüstungen wie u.a. Hauptrohrleitungen, Lüftungskanäle oder Hauptkabelwege abgebildet.

Die BIM-Modelle wurden bereits im Zuge der Ausschreibung den Bietern des Bauloses als zusätzliche Arbeitsgrundlage für ihr Angebot zur Verfügung gestellt werden.

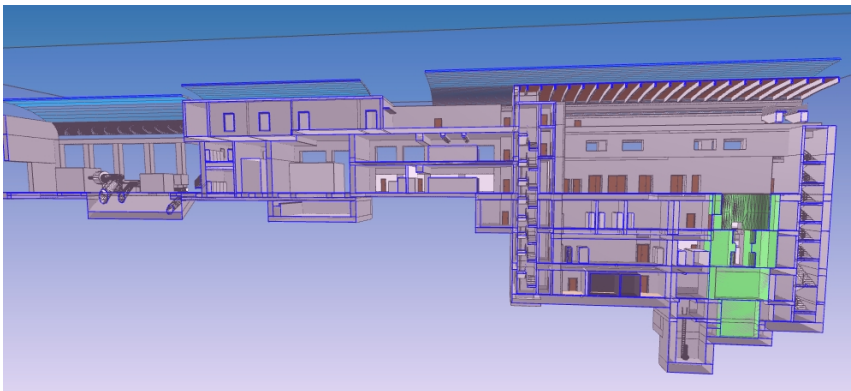


Abbildung 4: Schnitt durch BIM Modell der Kraftwerkskaverne

Im Zuge der weiteren Planung ist vorgesehen das BIM Modell als zentrales Planungsinstrument zu verwenden und die Planungen der Bautechnik, des Maschinenbaus und der Elektrotechnik im BIM Modell zusammenzuführen. Das BIM Modell stellt damit die zentrale und alleinige Planungsgrundlage für die Herstellung wesentlicher Bestandteile des neuen Pumpspeicherwerkes dar.

Es bietet sich damit auch die Möglichkeit das BIM Modell zum Bestandsmodell weiter zu entwickeln.

5 Pumpspeicherkraftwerk Forbach im Rahmen der Energiewende

Der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Gesamtstromerzeugung in Deutschland betrug 2018 ca. 38 % [2].

Knapp 2,6 % der Erzeugung aus Erneuerbaren Energien mussten im Rahmen des Einspeisemanagements in 2018 abgeregelt werden. Das entspricht einer Strommenge von 5.403 GWh. Die Entschädigungsansprüche der Anlagenbetreiber für die abgeregelt Strommenge werden auf 635 Mio. Euro geschätzt [3].

Im Jahr 2030 soll der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung nach dem Willen der Bundesregierung bereits 65 % betragen [4].

Es ist absehbar, dass der Anteil der Erneuerbaren Energien, die aufgrund des Lastmanagements abgeregelt werden müssen, mit der angestrebten massiven Erhöhung des Anteils der Erneuerbaren Energien ohne zusätzliche Maßnahmen weiter steigen wird.

Stromspeicher, wie zum Beispiel Pumpspeicherwerke sind ein probates Mittel, den Anteil der aufgrund von Netzüberlastungen nicht nutzbaren Energieerzeugung zukünftig zu verringern.

Im regionalen Kontext trägt das Pumpspeicherwerk Forbach insbesondere angesichts des hohen Zubaupotenzials der Photovoltaik in Baden-Württemberg sowie des Rückgangs der regelbaren Erzeugung in der Region dazu bei die zunehmend intermittierende Elektrizitätserzeugung bedarfsnah zu verstetigen. Der drehzahlvariable Betrieb der Pumpturbine ermöglicht auf Schwankungen des Netzes in Sekundenschelle zu reagieren und damit die Netzstabilität zu sichern [5].

Die vorhandene Netzanbindung, die Nutzung vorhandener Anlagen und Staubecken sowie die untertägige Anordnung der neuen Anlagenteile sprechen hierbei für die besondere Eignung des Standortes Forbach.

6 Zusammenfassung

Die Planungen für die Erneuerung des Wasserkraftstandortes Forbach zeigen exemplarisch, dass das seit beinahe einhundert Jahren angewendete Konzept der Pumpspeicherung auch den gestiegenen Anforderungen der Energiewende gerecht wird.

Selbstverständlich finden dabei neueste technische Entwicklungen sowohl bei Planung und Implementierung als auch bei der technischen Ausrüstung des neuen Pumpspeicherkraftwerkes Verwendung.

Ein zeitgemäßes Anlagenkonzept minimiert die Auswirkungen auf Mensch, Umwelt und Natur und sichert die langfristige Nachhaltigkeit des Wasserkraftwerkstandortes Forbach.

Das Pumpspeicherkraftwerk Forbach ist damit bestens gerüstet, für eine der zentralen Herausforderungen der Energiewende – bedarfsgesteuerter Energiespeicherung und -bereitstellung – einen wichtigen Beitrag zu leisten.

7 Literatur

<https://www.enbw.com/unternehmen/konzern/energieerzeugung/neubau-und-projekte/pumpspeicherkraftwerk-forbach/> [1]

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#statusquo> [2]

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, Quartalsbericht zu Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen, Gesamtjahr und Viertes Quartal 2018, Stand 01.08.2019 [3]

Bundesregierung, Klimaschutzprogramm 2030 zur Umsetzung des Klimaschutzplanes 2050, <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=1> [4]

Aurora Energy Research GmbH, Energiewirtschaftliche Bewertung eines Ausbaus des Pumpspeichers Forbach, 2017 [5]

Autor:

Dipl.-Ing. Robert Achatz

Tractebel Hydroprojekt GmbH
Elsenheimerstr. 11
80687 München

Tel.: +49 89 381907 93
Fax: +49 89 381907 99
E-Mail: robert.achatz@tractebel.engie.com